

**Über die horizontale und vertikale Resorption
des Limbus alveolaris
während einer kieferorthopädischen Behandlung**

Johannes Trägner-Born



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554808_0116

Aus der Poliklinik der Kieferorthopädie
der Universität München

Direktor: Prof. Dr. Arnulf Stahl

Über die horizontale und vertikale Resorption
des Limbus alveolaris
während einer kieferorthopädischen Behandlung

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Johannes Trägner-Born
aus
München

1986

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Priv.DoZ. Dr. H. Fischer-Brandies

Mitberichterstatter: Prof. Dr. A. Stahl

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 25.11.1986

Meiner lieben Gudrun gewidmet

Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Untersuchungen über die Folgen der kieferorthopädischen Behandlung auf die Höhe des Limbus alveolaris von der Vergangenheit bis zur Gegenwart	1
2. Literaturübersicht	4
2.1. Studien über die Folgen orthodontischer Behandlung bei Tieren	4
2.2. Studien über die angewandten Kräfte bei kieferorthopädischer Behandlung	6
2.3. Histologische, biochemische und szintigraphische Untersuchungen über Gewebereaktionen bei kieferorthopädischer Behandlung	7
2.4. Studien an kieferorthopädisch behandelten Patienten	9
3. Problemstellung	15
4. Eigene Untersuchung	17
4.1. Patienten	17
4.2. Methodik	18
4.3. Statistik	21
5. Ergebnisse	22
5.1. Vergleich der mit und ohne Headgear behandelten Patienten	22
5.2. Vergleich herausnehmbare Apparaturen/ Drahtbogen-Apparaturen	29
5.3. Vergleich herausnehmbare Apparaturen/ Zahnentfernungs-therapie	30
5.4. Zahnentfernungs-therapie: Vergleich vollständiger/unvollständiger Lückenschluß	31
5.5. Zahnentfernungs-therapie: Vergleich Druckseite/Zugseite	32
5.6. Zahnentfernungs-therapie: Vergleich sofortiger Lückenschluß/später erfolgter Lückenschluß	36

6. Besprechung der Ergebnisse	37
7. Zusammenfassung	43
8. Literaturverzeichnis	45
9. Danksagung	63
10. Lebenslauf	64

1. Untersuchungen über die Folgen der kieferorthopädischen Behandlung auf die Höhe des Limbus alveolaris von der Vergangenheit bis zur Gegenwart.

Die älteste schriftliche Aufzeichnung über orthodontische Maßnahmen geht auf Pierre FAUCHARD (16,1896) im Jahre 1723 zurück. In der Folgezeit galt das Interesse verschiedener Autoren ausnahmslos der Verbesserung von Apparaturen. Gleichzeitig gab es Bestrebungen, die Veränderung der knöchernen Alveole bei Zug- oder Druckkräfte eines Regulierungsapparates auf einen Zahn zu verstehen. Die FLOURENSSCHE Drucktheorie ließ TOMES 1859 vermuten, daß eine Resorption der knöchernen Alveole an der Druckseite und eine Apposition auf der Zugseite die orthodontische Zahnbewegung durch geringe konstante Kräfte ermöglicht. Eine andere Theorie, die von KINGSLEY 1880 vorgebracht und von WALKHOFF 1891 vertreten wurde, besagt, daß eine elastische Deformierung der Alveolen die Bewegungen von Zähnen aufgrund starker Kräfte ermöglicht, wobei der Knochen seine volle Integrität und Funktionstüchtigkeit beibehält. SCHWARTZKOPFF (92) beschreibt 1887 eine paradontale Schädigung als Folge einer Regulierung.

Den ersten systematischen Versuch über Gewebsveränderungen bei Zahnbewegungen führte SANDSTEDT durch (84,1904). Er bewegte bei einem jungen Hund mit Hilfe eines Labialbogens die sechs Schneidezähne in oraler Richtung und die Eckzähne in mesialer Richtung. Die histologischen Befunde ließen u. a. erkennen:

- Auf der Druckseite kommt es an Stellen schwachen Druckes zu einer gleichmäßigen Resorption des Alveolarknochens; an Stellen starken Druckes zur Quetschung und Nekrose des Periodontiums, sowie einer "unterminierenden Resorption" von Seiten der Umgebung.

- Auf der Zugseite wird neuer Knochen angebaut.

1911 veröffentlicht OPPENHEIM (61) sein umfassendes Werk über "Die Veränderungen der Gewebe, insbesondere des Knochens bei der Verschiebung der Zähne." Er stellt bei dieser an Affen durchgeführten Studie fest, daß das Knochengewebe auf Druck mit einer Umformung seiner ganzen Architektur reagiert. Bei der Resorption des vorhandenen und der Apposition neuen Knochengewebes gewinnt letzterer schließlich das Übergewicht über die Resorption. Auch verstärkter Zug hat die Anbildung neuen Knochengewebes zu Folge. Ausdrücklich weist er darauf hin, daß es bei zu stark bemessener Kraft infolge von Blut-Zirkulationsstörungen zu so schweren Schädigungen des Periosts kommt, daß die typische Knochenreaktion ausbleibt.

Aufsehen erregten die spektakulären Befunde von KETCHAM (45,1927; 46,1929), der bei der Untersuchung kieferorthopädisch behandelter Zähne Wurzelresorptionen feststellte, und somit andere Autoren zu weiteren zahlreichen Studien anregte.

SCHWARZ (93,1932) verwendete bei seinen Untersuchungen Lingualfederchen verschiedener Formen und Spannungen an den Prämolaren mehrerer Hunde und hatte so die Möglichkeit, die Auswirkungen bestimmter vorgemessener Federkräfte histologisch festzustellen. Er schloß von seinen Versuchen auf die Richtigkeit der Ergebnisse SANDSTEDTS und teilte die angewandten Druckkräfte in vier biologische Wirkungsgrade ein.

Auch MARSHALL (55,1933) ORBAN (65,1935), STUTEVILLE (105, 1938), GOTTLIEB und ORBAN (25,1931), NOYES (58,1942), OPPENHEIM (62,1933; 64,1942), MOYERS und BAUER (57,1950) und EGGERS LURA (14,1952) beschäftigten sich mit den pathologischen Folgen von

Kieferregulierungen. REITAN schließlich, dessen zahlreiche Veröffentlichungen heute noch fundamentale Bedeutung besitzen, beschäftigte sich bereits in seinen frühen Studien mit der Bestimmung von Kräften und Gewebsveränderungen bei kieferorthopädischer Behandlung (73, 1957; 74, 1959; 75, 1969; 76, 1961).

Literaturübersicht

2.1. Studien über die Folgen orthodontischer Behandlung bei Tieren

Die frühen histologischen Untersuchungen von SANDSTEDT (84,1904), OPPENHEIM (61,1911), SCHWARZ (93,1932) und anderen wurden in der Regel an Tieren, vornehmlich an Affen, Hunden, Katzen und Ratten durchgeführt. Aber auch heute werden, neben Studien an kieferorthopädisch behandelten Patienten, Tiere zur Klärung verschiedener Fragenkomplexe herangezogen, denn bestimmte histologische, biochemische und bioelektrische Mechanismen lassen sich nur im Rahmen von Tierversuchen nachvollziehen. Die meisten der daraus hervorgehenden Veröffentlichungen befassen sich mit Knochenumbau- und -abbauvorgängen unter Anwendung kieferorthopädischer Geräte (MACAPANPAN 54,1954; SALZMANN 83,1960; ACKERMANN et al. 1,1966; DRAZEK 13,1968; GILLOOLY et al. 24,1968; KENT UTLEY 43,1968; GIANELLY 23,1969; KOUMAS und MATTHEWS 50,1969; DE ANGELIS 10,1970; KRONMAN 51,1971; HERMANSON 33,1972; HELLER 32,1979; KARRING 40,1982).

Gegen diese Tierversuche wird eingewendet, daß die hier gefundenen Ergebnisse nicht auf die beim Menschen völlig anderen Verhältnisse übertragbar seien. So entstanden bereits in den Dreißigerjahren eine Anzahl von Arbeiten, in denen die Wirkungen kieferorthopädischer Kräfte auf menschliche Zähne untersucht wurden (OPPENHEIM 63,1936; STUTEVILLE 105, 1937; 106, 1938).

Nach ROSSIWALL (80,1983) bietet das Tierexperiment für seine durch STAHL (101,1971; 102,1971) angeregten Versuche optimale Bedingungen durch einheitliches

Material und ermöglicht darüber hinaus streng normierbare Vorbedingungen. Diese standardisierten Vorbedingungen sind seiner Meinung nach bei Patienten nur in geringem Maße erreichbar.

REITAN (77) wies bereits im Jahre 1964 auf anatomische Unterschiede der einzelnen Knochenstrukturen hin. Sie beeinflussen die individuelle Streuung der Untersuchungsergebnisse ebenso wie das Alter, das Geschlecht, die Ernährung und die endogene Variabilität, die lokal z.B. durch Zahnstellungsunterschiede, besonders in bezug auf die apikale Basis, Art und Form der kieferorthopädischen Apparate und durch orthodontische Kräfte bestimmt wird (ROSSIWALL 80,1983). MACAPANPAN et al. (54,1954) erforschten die Brauchbarkeit der Rattenzähne zum Studium von Gewebsveränderung bei Zahnbewegungen. Aufgrund der Zahngröße war es unmöglich, mit Apparaturen zu experimentieren, wie sie zur Behandlung von Menschen verwendet werden. Die Wissenschaftler mußten sich mit einfachen Gummizügen behelfen.

REITAN und KVAM (78,1971) unternahmen vergleichende Studien über die Verhaltensweise von menschlichen und tierischen Knochen unter Anwendung von orthodontischen Kräften. Dabei konnten mehr oder weniger wichtige Unterschiede festgestellt werden. So hat z.B. die labile und linguale Kompakta beim Hund und bei der Ratte relativ wenig Knochenmark, was Resorptionsprozesse auf der Druckseite begünstigen mag. Weiter werden bei der Ratte eine verzögerte Knochenapposition und eine verfrühte Hyalinisierung festgestellt. Die gefundenen Unterschiede sprechen wenig für eine Übertragbarkeit der Tierversuchsergebnisse auf den Menschen.

2.2 Studien über die angewandten Kräfte bei kieferorthopädischer Behandlung

Die Kenntnisse der vier biologischen Wirkungsgrade von Druckkräften nach SCHWARZ (93,1932; 95,1953) sind für den Kieferorthopäden bei dem Einschalten seiner Regulierungskräfte von höchster Wichtigkeit; es ist die Aufgabe des Behandlers, den zweiten biologischen Wirkungsgrad einzuhalten, der schwachen, den kapillaren Blutdruck nicht übersteigenden Kräften entspricht. Den "größten Fortschritt in der Praxis der Kieferorthopädie" stellt nach MARSHALL (55,1933) die Entwicklung eines genauen Instruments zur Messung angewandter Kräfte dar. HALDERSON et al. (26,1953) unterscheiden zwischen natürlichen Kräften, wie sie z.B. durch orthodontische Apparaturen oder Daumenlutschen entstehen; beide Arten der Kraft sollten bei einer kieferorthopädischen Behandlung berücksichtigt und ihrer Bedeutung entsprechend eingesetzt werden. Nach HÄUPL (27,1938; 28,1942) und FLEISCHER-PETERS (18, 1984) können Apparaturen als Übertragungsmittel intermittierender Muskelreize, also natürlicher Kräfte, kieferorthopädisch wirksam werden.

Im Jahre 1962 stellt MARXKORS (56) statische und physiologische Überlegungen über die Auswirkung von Kräften, die an der Zahnkrone angreifen, an; eine Konsequenz, die sich aus seinen Ergebnissen für die Therapie ergibt, ist die Reduzierung der Horizontalbelastungen auf ein Mindestmaß, da diese zu horizontalem Knochenabbau führen. Bei der Messung von Kraftgröße und Kraftwirkung kieferorthopädischer Plattenapparate hebt WITT (111,1965) die überragende Rolle hervor, welche funktionelle Kräfte auch bei den aktiven Plattengeräten spielen; gleichzeitig jedoch betont er, daß bei besonderen Umständen starke und langdauernde Kräfte auftreten können, die weit über den von SCHWARZ als günstig bezeichneten Kräften liegen.

STUTZMANN und PETROVIC (106,1980; 107,1981) schließlich empfehlen als wirksamste Behandlungsweise die Anwendung von leichten intermittierend wirkenden Kräften, da diese die Gefäße des Parodontiums nicht beschädigen. Außerdem erlaubte die intermittierende Behandlung "Erholungs-Phasen" des Zahnhalteapparates und eine Zunahme der Erneuerungsrate des Alveolenknochens; dies wiederum führe zu einer Beschleunigung der Zahnbewegung.

2.3. Histologische, biochemische und szintigraphische Untersuchungen über Gewebereaktion bei kieferorthopädischer Behandlung

Die Vorgänge, welche bei der Knochenresorption und -apposition zur Wirkung kommen, sind komplexer Natur. Letztlich sind bis heute die Zusammenhänge zwischen biochemischen, endokrinen, bioelektrischen und enzymatischen Mechanismen bei Knochenabbau und -umbauprozessen nicht erforscht. Neben den durch künstlich erzeugte Gleichgewichtsveränderungen oder durch intermittierende Muskelzüge induzierten Umbauvorgängen, die einem physiologischen Muster der Zellkinetik folgen, gibt es in der kieferorthopädischen Therapie auch überschwellige mechanische Dauerbelastungen der Parodontien. Letztere standen bereits im Mittelpunkt der Studien von SANDSTEDT, OPPENHEIM, ORBAN, STUTEVILLE und REITAN. SCHWARZ (94,1932), REITAN (72,1951), PYGH (81,1972), KENT UTLEY (43,1968), KHAM (52,1973) und MACAPANPAN (54,1954) weisen darauf hin, daß durch unphysiologische Krafteinwirkung schon nach kurzer Zeit sogenannte hyalinisierte Zonen oder Nekrosen entstehen. KHAM (52,1971) untersuchte die Gewebsreaktionen auf der Druckseite von Molaren bei festsitzenden Apparaturen; wie bereits erwähnt, stellte er eine Hyalinisierung der Faserbezirke sowie Formveränderun-

gen der Erythrozyten fest. Ursache dieser Nekrose ist eine Unterbrechung der Blutzirkulation im desmodontalen Bereich, die von Bedeutung für die Art der Resorption ist (GIANELLY 23,1969). Die hyalinisierten Bezirke wirken wie mechanische Barrieren gegen eine weitere Zahnbewegung und können nur durch erneute Zellaktivität aus dem Bereich der Markräume aufgehoben werden. Während leichte Kräfte eine flächenhafte Resorption auslösen, die das Gewebe wenig schädigt, rufen stärkere Druckanwendungen zellfreie Bezirke, unterminierende Resorptionen und Gewebestörungen hervor. Diese bereits von SANDSTEDT, SCHWARZ und OPPENHEIM beschriebenen Zusammenhänge der Zellantwort auf orthodontische Kräfte wurden durch die ausführlichen Studien von REITAN (77,1964) bestätigt und ergänzt.

Weitere zahlreiche Veröffentlichungen beschäftigen sich vorrangig mit dem Vorgang der Knochenapposition und -resorption im Kieferbereich (BEERTSEN 4,1975; BARON 2,1975; STUTZMANN und PETROVIC 106,1980; 107, 1981). Da die durch kieferorthopädische Behandlungsmethoden erreichten Zahnbewegungen nur durch den Knochenumbau im Alveolarfortsatz ermöglicht werden (FRANK 19,1972), soll die Bedeutung dieser Arbeiten für Kieferorthopäden erwähnt werden. SALZMANN (83, 1960) findet in einer Studie über die Wirkung orthodontischer Kräfte auf die Gingiva und das Peridontium, daß die dabei stimulierte Knochenresorption durch große Moleküle vermittelt wird, welche die Vermehrung der Osteoklasten anregen können. KENT UTLEY (43,1968) untersuchte mit Hilfe der fluoreszierenden Wirkung von Tetrazyclinen die Aktivität des Alveolarknochens bei orthodontischen Zahnbewegungen; diese stellte sich im Vergleich mit einer nicht behandelten Gruppe als erhöht dar. Ebenfalls histologische und fluorenmikroskopische Untersuchungen wurden zur Erfassung von Strukturveränderungen im Bereich des Kiefergelen-

kes durchgeführt (KOMPOSCH 48a,1982). Im gleichen Jahr finden GILLOOLY et al. (24) heraus, daß an frischen Knochenpräparaten mit Zähnen, die einer bestimmten Kraft ausgesetzt werden, ein elektrisches Potential entsteht, so daß Bereiche der Knochenneubildung negativ geladen sind gegenüber Bereichen der Resorption. Die Autoren bewerten die Ergebnisse als wichtig für die Abschätzung der Knochenreaktion auf orthodontische Kräfte beziehungsweise Mechanismen.

STAHL und GEORGI (101,1971; 102,1971) beschäftigten sich mit den szintigraphischen Möglichkeiten am behandelten Patienten, die sich durch die selektive Ablagerung osteotroper radioaktiver Substanzen wie ¹⁸Fluor in stoffwechselaktive Zonen ergeben. ROSSIWALL (80,1983) wendet die von ihnen vorgeschlagene Methode an, um unter Verwendung des radioaktiven Hexafluoroaluminat-Komplexes Knochenabbau quantifiziert nachzuweisen, wie er bei kieferorthopädischer Behandlung hervorgerufen wird.

2.4. Studien an kieferorthopädisch behandelten Patienten

STAHL (100,1958) hat, neben einem Bericht über bisher erschienene Literatur, Beobachtungen von parodontalen Schäden bei kieferorthopädisch behandelten Patienten bekanntgegeben. Zahlreich sind auch die Autoren, die sich seither mit den pathologischen Folgen von Kieferregulierungen beschäftigt haben (HOTZ 35,1966; SCHMUTH 86,1968; WEISE 110,1973; ZACHRISSON und ALNAES 115,1974; JONAS 39,1980).

Einige Studien über die Wirkungen einer kieferorthopädischen Behandlung auf das Parodont werfen ein eher düsteres Licht auf die Arbeit des kieferregulierenden Therapeuten. Ausgehend von einer klinischen Studie

stellt TIRK (108,1967) fest, daß es in den meisten Fällen im Bereich der Septen zu ungünstigen Veränderungen kommt. Für SCHLUGER (85,1968) stellt die kieferorthopädische Behandlung die erste Aggression gegen das Parodontium des jungen Patienten dar, sie begünstigt das Auftreten einer chronischen marginalen Parodontitis. Dieser Autor zieht seine Schlüsse aus seiner klinischen Erfahrung als Parodontologe.

KESSLER (44,1976) und ZACHRISSON (114,1983) halten es für möglich, daß sich die potentiellen parodontalen Probleme, welche bei jungen Patienten durch eine kieferorthopädische Behandlung eingeleitet werden, erst nach zahlreichen Jahren manifestieren.

PEARSON (66,1968) und GEIGER (22,1980) notieren gingivale Rezessionen in Verbindung mit einer kieferorthopädischen Behandlung. PEARSON weist dabei auf die Möglichkeiten eines resultierenden Knochenverlustes hin.

Bei übermäßigen Zahnkipnungen, wie sie gelegentlich bei mandibulärer Progenie zur Beseitigung des umgekehrten Schneidezahnüberbisses durchgeführt werden, stellt SPERRY (99,1977) gingivale Rezessionen fest. Hierzu ist allerdings zu bemerken, daß eine derartig durchgeführte kieferorthopädische Behandlung als fehlerhafte Therapie eingeschätzt werden muß. Eine stark ausgeprägte skelettale Dysgnathie kann durch eine nur alveolär durchgeführte Maßnahme nicht ausgeglichen werden. Wegen Fehlbelastungen der Zähne sind Parodontopathien zwangsweise die Folge.

Durch eine Untersuchung mehrerer Patienten, bei denen die Zahnentfernungstherapie angewendet worden ist, stellt STOCKFISCH (103,1968) fest, daß die sogenannte Steuerung des Zahndurchbruchs nicht vor einem hori-

zontalen Abbau schützt; problematisch in parodontoseprophylaktischer Hinsicht erscheint die Zahnentfernungstherapie bei der Spätbehandlung.

Nach einer epidemiologischen Studie anhand von 100 Patienten, bei denen im Rahmen orthodontischer Maßnahmen je 4 Prämolaren entfernt wurden, schätzt PRICHARD (68,1975), daß die festen Apparaturen ernste und andauernde parodontale Traumata, vor allem im Bereich der Zahnentfernungslücken, verursachen. Er schlägt vor, diese Methode durch andere zu ersetzen, ohne diese anzugeben.

TROSSELLO und GIANELLY (109,1979) untersuchen 30 Patienten, bei denen eine kieferorthopädische Behandlung unter Verwendung von Drahtbogen-Apparaturen und zum Teil Entfernung von bleibenden Zähnen im Rahmen der Therapie durchgeführt wurde; sie beobachteten Rezessionen im Bereich der oberen Schneidezähne, Eckzähne und ersten Molaren.

Diese ungünstigen Meinungen über die Auswirkung kieferorthopädischer Maßnahmen auf das Parodontium werden aber durch sehr ausführliche Studien bei korrekt durchgeführter Behandlung aufgewogen.

BAXTER (3,1967) stellt allgemein einen leichten Höhenverlust des Knochens fest, der seiner Meinung nach durchaus im Rahmen der physiologischen Retraktion liegen könnte. Nicht signifikant sind die festgestellten Unterschiede zwischen Behandlung mit und ohne Zahnentfernung. Auch auf den Seiten des Lückenschlusses ist keine spezifische Veränderung festzustellen. ESCHLER et al. (15,1969) stellen zwar Knochenverluste nach einer kieferorthopädischen Behandlung mit später Prämolarenentfernung fest, sehen aber den gesamten Parodontalzustand durch Verhütung oder Auflockerung starker Engstände eher verbessert.

SJØLEN und ZACHRISSON (97,1973) kommen nach einer Untersuchung von kieferorthopädischen Zahnentfernungstherapien zu dem Ergebnis, daß diese zu einem allgemeinen, aber nur leichten tolerablen Knochenabbau führen. Ein Jahr später wird dieses Resultat von ZACHRISSON und ALNAES (115,1974) bestätigt.

HAMP (29,1982) fand bei Patienten mit orthodontischen Zahnentfernungsmaßnahmen zwar einen irreversiblen durchschnittlichen Abbau des approximalen Knochens um 0,25 mm, jedoch während der Retention und der Folgezeit keine weiteren Veränderungen. KENNEDY et al. (42,1983) beschreiben einen klinisch nicht signifikanten Knochenabbau im distalen Bereich der retrudierten Eckzähne nach vollständigem Lückenschluß entfernter Prämolaren.

Nach ESCHLER et al. (15,1969) ist im Vergleich zum Zahnentfernungszeitpunkt vor dem Durchbruch der Nachbarzähne in diesen Fällen eher mit stärkeren parodontalen Schäden zu rechnen. RÖNNERMANN et al. (7,1980) zeigen, daß die Knochenneubildung die Knochenresorption übertrifft, und vertreten nicht die Theorie eines signifikanten Knochenabbaus. SADOWSKY und BEGOLE (82,1981) finden keine statistisch signifikanten Unterschiede im allgemeinen Auftreten parodontaler Erkrankung zwischen kieferorthopädisch behandelten und nicht behandelten Patienten.

Bereits 1940 weisen SCHWARZ (94a) und SIEGMUND (95a) auf die weitgehende Unabhängigkeit der Parodontose hin, die allerdings keinen Einwand gegenüber der Vorbeugungspflicht des Kieferorthopäden darstellt. SCHWARZ: "Wir können mit unseren kieferorthopädischen Maßnahmen eben nur im Rahmen der örtlichen Begleitumstände nützen." Die erbliche Disposition zur Parodontose sollte Anlaß sein für eine echte Kausaltherapie,

die hemmend in den Entstehungsablauf eingreift (KORKHAUS 49c,1952).

Für KASWINER (41,1981) ist leichter Knochenverlust als Folge kieferorthopädischer Maßnahmen nur selten klinisch relevant; neben einer gewissenhaften Kontrolle der angewandten Kräfte gehöre ein sauberer irritationsfreier Sitz der Apparaturen zur Sorgfaltspflicht des Kieferorthopäden. Selbstverständlich ist eine Grundvoraussetzung die korrekte Planung der Behandlung; die vorgesehenen Zahnbewegungen müssen in einem entsprechenden Verhältnis zur Kieferbasis stehen.

Auf die Möglichkeiten und Grenzen der orthodontischen Therapie im parodontal erkrankten Gebiß weisen u.a. RATEITSCHACK (70,1966), BROWN (6,1973) und SCHMUTH (87,1973) hin. Für RATEITSCHACK ist es fraglich, ob ein Wiederaufbau von neuem Knochen auf der Zugseite des regulierten Zahnes stattfindet, wenn auf einen biologisch insuffizienten, schwundbereiten Knochen noch zusätzlich traumatisierende orthodontische Kräfte einwirken. Das Wiederaufrichten von gekippten Molaren scheint aber ein probates Mittel zur Wiederherstellung günstiger parodontaler Verhältnisse zu sein (SALZMANN 83,1975). Der parodontale Zustand der kieferorthopädisch behandelten Patienten ist jedenfalls für jeden Kieferorthopäden von größter Wichtigkeit. O'LEARY (60,1975) notiert nach einer Analyse der Approximalkontakte, daß die Patientengruppe mit kieferorthopädischer Behandlung die größere Anzahl offener Kontakte aufweist, vornehmlich im Seitenzahnbereich, was nicht ohne Folgen für das Einbeißen von Nahrung und die Ansammlung approximaler Plaque ist.

GEIGER (21,1976), NORTON (59,1980), KESSLER (44,1976) u.a. betonen immer wieder die Wichtigkeit einer gründ-

lichen prätherapeutischen Mundhygieneunterweisung und einer strengen Überwachung der Zahnpflege während der gesamten Behandlung. Der zuerst genannte Autor betont, daß ein Zusammenwirken von Gingivitis, orthodontischer Maßnahmen und okklusaler Traumen viel schneller zu einer Taschenbildung und zu Knochenverlust führen kann als eine Gingivitis alleine. Natürlich hängen die Entzündungssymptome der Gingiva vom Oral-Hygiene-Index (OH-Index) ab (LAMPERT und UNTERER 53,1977). Gleichzeitig beobachtet LAMPERT aber eine Verschlechterung des Oral-Hygiene-Index während des Behandlungsablaufes, insbesondere bei Patienten mit festsitzenden Apparaturen. Auch HARTMANN et al. (30,1982) stellen bei gleichem Maß an guter Mundhygiene eine Verschlechterung des gingivalen Zustandes, besonders bei Behandlung mit Drahtbogen-Apparaturen fest. Dagegen verschlechtern sich bei herausnehmbaren Geräten weder die subgingivale Plaque-Flora noch der parodontale Zustand (DE JACOBY und MÜLLER 12,1982; DE JACOBY et al. 11,1982).

Auf die Frage, ob entzündliche Veränderungen, die eine kieferorthopädische Behandlung begleiten, dauerhafte Schäden einleiten oder nicht, geben zahlreiche Autoren eine eher optimistische Antwort. RATEITSCHACK (71,1968) ist der Meinung, daß die üblicherweise ausgeübten orthodontischen Kräfte auf gesunde parodontale Strukturen nur vorübergehend Störungen verursachen. ZACHRISSON (113,1972) findet bei den meisten kieferorthopädisch behandelten Patienten entzündliche Veränderungen, die nach dem Entfernen der Edgewise-Apparaturen allmählich abklingen.

3. Problemstellung

Auf die Bedeutung des Röntgenbefundes als diagnostisches Hilfsmittel für eine kieferorthopädische Planung wurde immer wieder hingewiesen (KORKHAUS 49,1939; HAUSSER 31,1955; STAHL 100,1958; KNITTEL und STAHL 47, 1961; HOTZ 36,1980; BERY und CANAL 5,1984; FISCHER-BRANDIES 17,1984).

KETCHAM (45,1927), der bereits vor und nach der Behandlung seiner Patienten Röntgenbilder zu machen pflegte, entdeckte dadurch als einer der ersten die alarmierenden Befunde von Wurzelresorptionen. Auch zum Nachweis von alveolärem Knochenabbau erwiesen sich Röntgenbilder als geeignet (CROSBY 8,1939). JARABAK (38,1963) hat in seinem Werk umfassendes und ausführliches Material ganzer Serien intraoraler Zahnfilme über Gewebereaktionen zusammengestellt. BAXTER (3,1967) untersuchte mit der gleichen Methode die Höhe des Alveolar-kamms im Bereich der bei einer kieferorthopädischen Behandlung durchgeführten Extraktionen. Ein neues Verfahren zur Messung alveolären Knochenabbaus mit Hilfe eines Status-X-Gerätes stellt TIRK (108,1967) vor.

In der Rechtwinkeltechnik angefertigte Zahnfilme stellen immer noch das Mittel der Wahl für die Beurteilung des Limbus alveolaris dar. Heute ist für die Anfertigung von Zahnfilmen im Seitenzahnbereich zusätzlich zu den notwendigen Panoramaaufnahmen zu Beginn einer kieferorthopädischen Behandlung in vielen Fällen keine zahnärztliche Indikation mehr gegeben. Mit der Panoramaaufnahme, 1952 erstmals von PAATERO (67, 1952) vorgestellt, steht nämlich ein Verfahren zur Verfügung, das bei relativ geringer Strahlenbelastung die für die Behandlungsanlage notwendige Übersicht insbesondere im Gebiet der Weisheitszähne gewährleistet (SONNABEND und KRUSE 98,1964; SCHOPF 90,1969;

CHATEAU 7,1975; SCHMUTH und SCHUHMACHER 88,1972).

Bei der Wahl des jeweiligen röntgenologischen Verfahrens muß stets der Grundsatz gelten, daß mit der Aufnahmetechnik ein Optimum an diagnostischen Informationen erreicht wird (SITZMANN 96,1984). Ausgehend von diesem Tatbestand ergibt sich die Fragestellung:

1. Ist eine Erweiterung der Auswertbarkeit der Panoramaaufnahme auf die Beurteilung der Höhe des Limbus alveolaris möglich?
2. Läßt sich an Hand der Auswertung von Orthopantomogrammen, die zu Beginn und nach Abschluß einer kieferorthopädischen Behandlung gemacht wurden, ein horizontaler und vertikaler alveolären Knochenabbau nachweisen?
3. Wenn ja, welche Unterschiede ergeben sich diesbezüglich in Abhängigkeit von der kieferorthopädischen Behandlungsart?

4. Eigene Untersuchung

4.1. Patienten:

Der longitudinalen 2-Jahresstudie standen die Orthopantomogramme (OPT), hergestellt mit einem Orthopantomograph 5 der Firma Siemens, aus dem Archiv der Poliklinik für Kieferorthopädie der Ludwig-Maximilians-Universität München zur Verfügung. Dabei wurden je zwei weitgehend deckungsgleiche (siehe 4.2.) OPT von 119 Patienten ausgewählt, die während der kieferorthopädischen Behandlung angefertigt wurden. Der durchschnittliche Behandlungszeitraum betrug 2 Jahre und 4 Monate (Minimum 1 1/2 Jahre). Das Alter liegt im Durchschnitt zu Beginn der Behandlung bei 12 Jahren und 1 Monat, bei Abschluß der Behandlung bei 14 Jahren und 5 Monaten (Tab.1).

Gruppe	Anzahl	Alter bei Beginn der Behandlung	
		$\bar{x}$	SD
A: Herausnehmbare Apparaturen ohne Zahnentfernung	n = 38	11;2	2;6
B: Drahtbogen-Apparaturen ohne Zahnentfernung	n = 29	12;2	2;9
C: Drahtbogen-Apparaturen mit Zahnentfernung	n = 52	12;6	2;0
Insgesamt	n = 119	12;4	2;5
D: Kontrollgruppe	n = 21	30;0	12;5

Tab.1: Aufteilung der Patienten in Abhängigkeit der durchgeführten Behandlung. Die Kontrollgruppe setzt sich aus Patienten zusammen, bei denen innerhalb einer Woche zwei OPT angefertigt wurden.

38 Patienten wurden mit herausnehmbaren Apparaturen (Gruppe A) und 29 Patienten mit Drahtbogen-Apparaturen (Gruppe B) jeweils ohne Zahnentfernung behandelt.

Bei 52 Patienten wurde eine kieferorthopädische Behandlung unter Verwendung von Drahtbogen-Apparaturen und Entfernung von bleibenden Zähnen im Seitenzahngebiet durchgeführt (Gruppe C). Bei dieser Gruppe wird der Zeitpunkt registriert, der nach der Zahnentfernung bis zum Beginn des Lückenschlusses verstrichen ist. Es wurde ferner vermerkt, ob der Lückenschluß vollständig oder unvollständig vollzogen wurde. Methodisch bedingt konnten nur jene Zahnentfernungen berücksichtigt werden, bei denen die Nachbarzähne zum Zeitpunkt der Zahnentfernung bereits durchgebrochen waren. Zusätzlich wird festgestellt, ob ein Headgear zum Einsatz kam.

Bei allen Probanden wurden nicht miteinbezogen Faktoren, welche die Mechanik der Apparaturen, die Stärke der von ihnen ausgehenden Kräfte, Geschwindigkeit des Lückenschlusses sowie Mundhygienestatus, genetische Aspekte, Ernährung und familiäre Situation betreffen.

21 Probanden ohne kieferorthopädische Behandlung dienen zur Bestimmung des methodischen Fehlers (Gruppe D).

4.2. Methodik:

Zur Ermittlung des durch die Projektion und die Meßungenauigkeit bedingten Fehlers werden zunächst je 2 Orthopantomogramme von 21 Probanden verglichen. Da diese beiden Aufnahmen jeweils im Abstand von nur wenigen Tagen gemacht wurden, ist ein alveolärer

Knochenabbau nicht anzunehmen. Die deckungsgleichen Orthopantomogramme mit einer maximalen Abweichung der Umrisse der Mandibula von 5 mm in der Horizontalen, 1 mm in der Vertikalen sowie bei identischer Zahnlänge im jeweiligen Interessengebiet werden mit Hilfe von Durchzeichenfolien verglichen (Abb. 1).

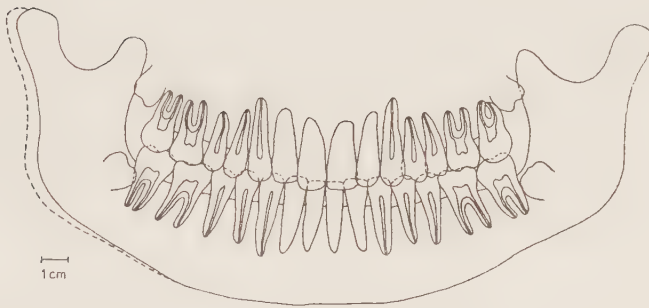


Abb. 1: Maximale Abweichung der verglichenen Orthopantomogramme

Wichtig ist dabei das Nachzeichnen des marginalen Knochenverlaufs im Seitenzahnbereich sowie einer Vielzahl markanter Konturen der Zähne, wie z.B. Zahnkrone, Pulpaverlauf, Füllungen als Referenzstrukturen für die anschließende Messung. Während der Überlagerung der beiden Zeichenfolien muß zur Beurteilung an jedem Zahn getrennt die mesiale bzw. distale parodontale Situation eingestellt werden, so daß das Ausmaß der Überlagerungsidentität, falls vorhanden, erkennbar wird.

Zur Beurteilung der Identität der Aufnahmen dient folgendes Schema: Vertikale Höhenabweichung der Markierungen des Limbus alveolaris auf den jeweils verglichenen Röntgenbildern:

- < 1,5 mm: hochgradige Identität
- > 1,5 mm: mäßige Identität
- ≥ 2,0 mm: keine Identität

Die auf den Orthopantomogrammen durchgeführten Streckenmessungen müssen nicht den realen Millimeterbeträgen entsprechen, da auf der Panoramaaufnahme in den einzelnen Bildabschnitten mit unterschiedlichen Vergrößerungen zu rechnen ist (SCHOPP 89,1966).

Der durch die Projektion und die Meßungenauigkeit bedingte methodische Fehler, der mit Hilfe von jeweils zwei im Abstand von wenigen Tagen aufgenommenen Orthopantomogrammen von 21 Probanden der Gruppe D bestimmt wurde, ergab eine mittlere Abweichung der Alveolar-knochenumrisse von 0.075 mm (SD = 0,23 mm; maximale Abweichung 1 mm) (Tab. 2).

Vertikale Höhenabweichung des Limbus alveolaris

= 0	n = 370
≤ 0,5	n = 24
≤ 1,0	n = 42

n = Anzahl der Messungen

$\bar{X}$ = 0,0753

SD = 0,234

Tab. 2: Methodischer Meßfehler

Die 238 Panoramaaufnahmen der 119 kieferorthopädisch behandelten Patienten werden nach der beschriebenen Methode ausgewertet.

4.3. Statistik

Für die Signifikanz der gemessenen Unterschiede zwischen verschiedenen Patientengruppen wurde der Vierfelder-Test auf Unabhängigkeit oder Homogenität angewendet.

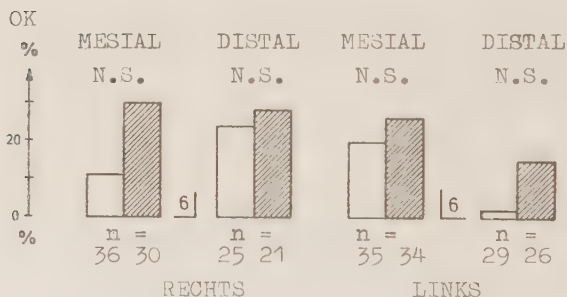
Das Zusammenfassen der entsprechenden Parodontien der rechten und linken Kieferhälfte zu jeweils einem Ergebnis ist statistisch dann zulässig, wenn die Einzelergebnisse auf der rechten und auf der linken Seite des Kiefers einander weitgehend entsprechen. Nur bei dem Vergleich zwischen mit Headgear und ohne Headgear behandelten Patienten war diese Voraussetzung nicht erfüllt. Hier wurden die Ergebnisse auf der rechten und linken Kieferhälfte getrennt aufgeführt.

5. Ergebnisse

5.1. Vergleich der mit Headgear und ohne Headgear behandelten Patienten

Bei der Analyse des Einflusses von extraoralen Kräften auf die ersten Molaren im Oberkiefer ergab sich folgendes: Von 119 untersuchten Patienten wurde bei 53 Probanden der Gruppen A, B und C über mindestens ein halbes Jahr hinweg mit dem Headgear behandelt.

Die Anwendung eines Headgears scheint einen Knochenabbau mesial und distal der ersten Molaren geringgradig häufiger zu verursachen (Tab. 3), die Ergebnisse sind jedoch statistisch nicht signifikant (Abb. 2).



N.S. = nicht signifikant
□ = ohne Headgear
▨ = mit Headgear
n = Anzahl der Messungen

Tab. 3: Einfluß des Headgears auf den Knochenabbau im Bereich der ersten Molaren im Oberkiefer (gemessene Höhenabweichung $\geq 1,5$ mm)

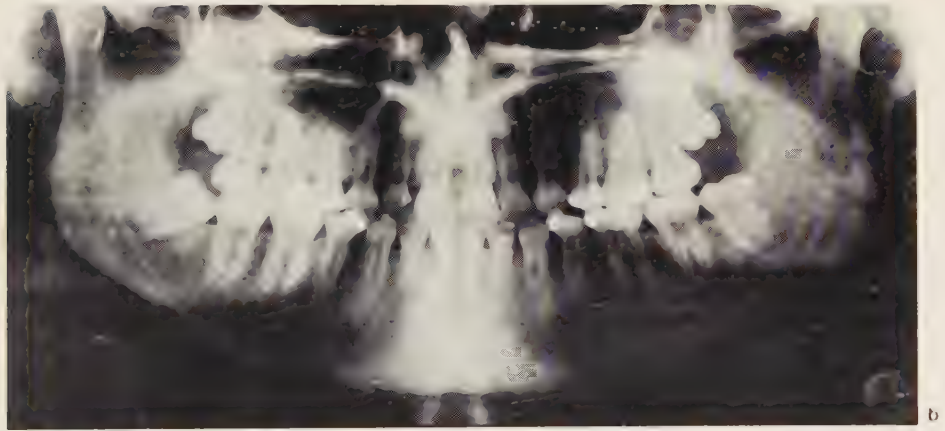
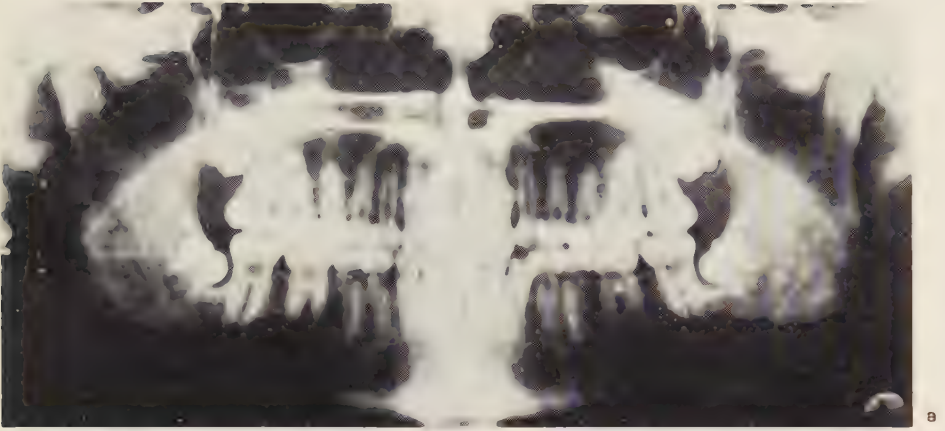


Abb. 2: Legende siehe nächste Seite

Legende zu Abb. 2: Die Abbildungen 2 a,b, zeigen die Panoramaaufnahmen des Patienten S. T. (Nr. 9388), bei dem über einen Zeitraum von 12 Monaten ein zervikal abgestütztes Headgear getragen wurde. Abb. 2 a Alter: 12 Jahre 2 Monate, Abb. 2 b Alter 13 Jahre 13 Monate. Mesial des rechten ersten Molaren sind Knocheneinbrüche sichtbar (Abb. 2 c).

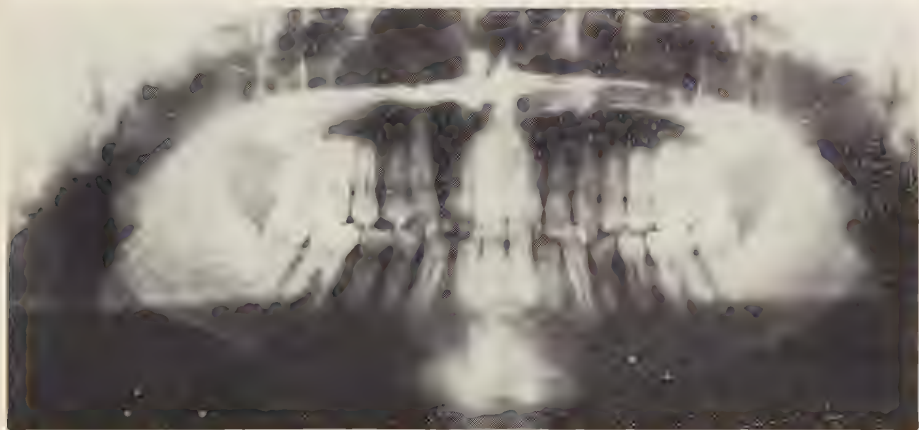
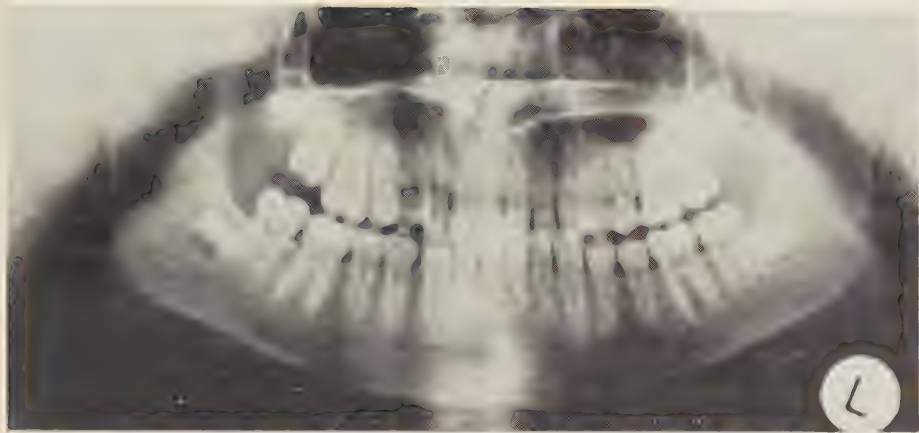


Abb. 3: Legende siehe nächste Seite

Legende zu Abb. 3: Die Abbildungen 3 a,b, zeigen die Panoramaaufnahmen des Patienten J. W. (Nr. 7927), der über einen Zeitraum von 1 Jahr und 7 Monaten mit herausnehmbaren Platten behandelt wurde. Abb. 3 a Alter: 12 Jahre, Abb. 3 b Alter 15 Jahre. Die Foliendurchzeichnungen lassen Knocheneinbrüche mesial der Zähne 44, 45, 46 und 47 erkennen (Abb. 3 c).

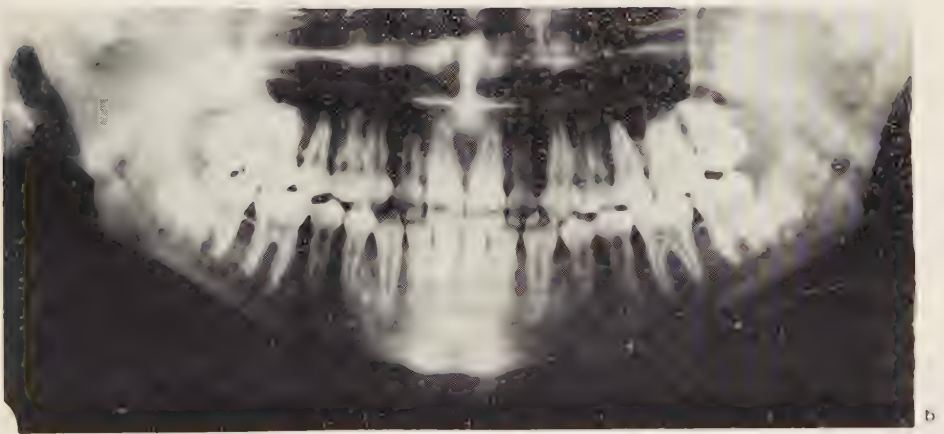
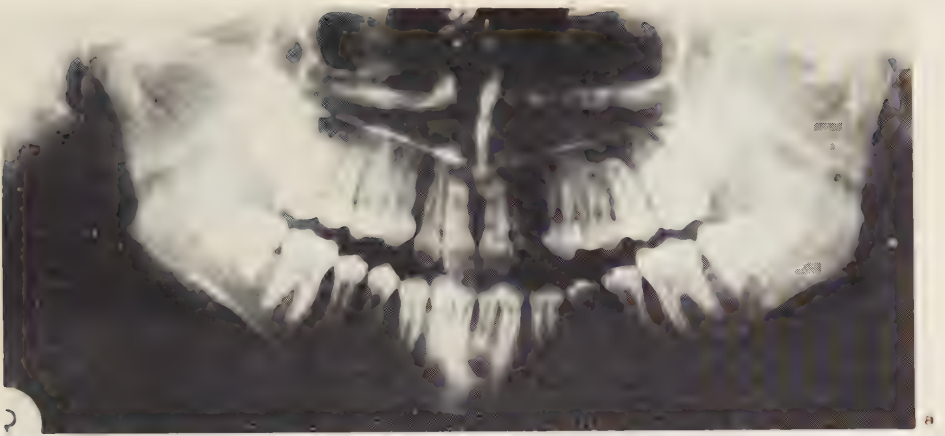
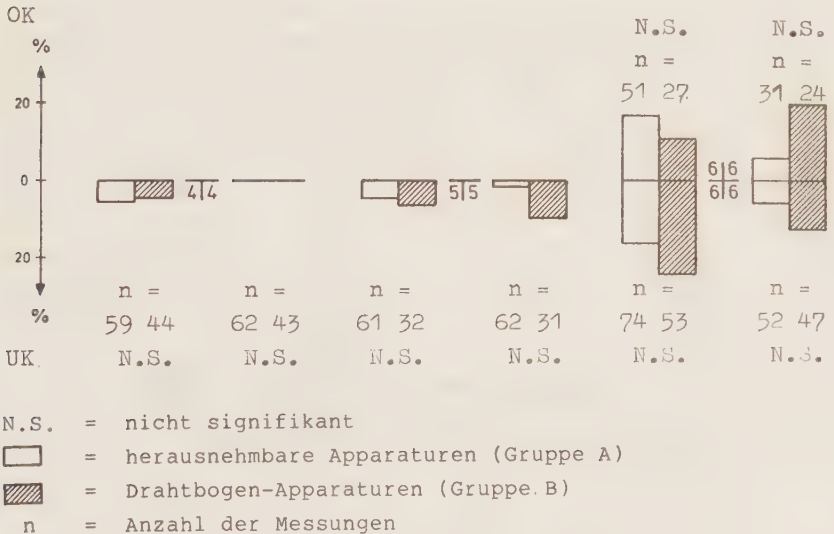


Abb. 4: Legende siehe nächste Seite

Legende zu Abb. 4: Die Abbildungen 4 a, b, zeigen die Panoramaaufnahmen des Patienten U. P. (Nr. 6884), der über einen Zeitraum von 2 Jahren und 3 Monaten kieferorthopädisch, davon 7 Monate mit Drahtbogenapparaturen, behandelt wurde. Abb. 4 a Alter 12 Jahre 4 Monate, Abb. 4 b Alter 14 Jahre 7 Monate. Es werden Zonen alveolären Knochenabbaus deutlich sichtbar (Abb. 4 c).

5.2. Vergleich herausnehmbare Apparaturen (Gruppe A)/ Drahtbogen-Apparaturen (Gruppe B)

Innerhalb der Gruppe von kieferorthopädisch ohne Zahnentfernung behandelten Patienten scheint die Behandlung mit Drahtbogen-Apparaturen zum größten Teil etwas häufiger zu alveolärem Knochenabbau zu führen. Auch hier sind die gemessenen Unterschiede statistisch nicht signifikant (Tab. 4, Abb. 3 und Abb. 4).

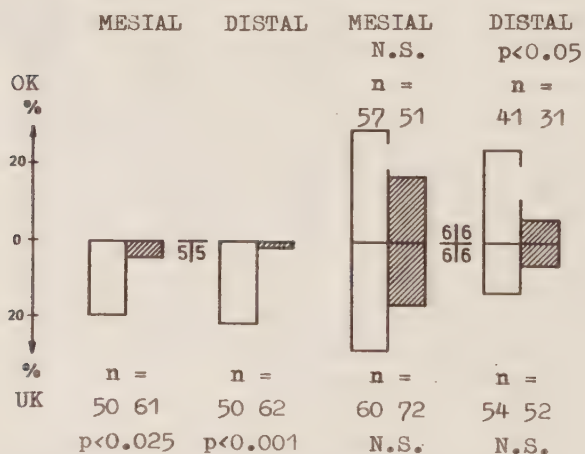


Tab. 4: Vergleich zwischen Therapie mit herausnehmbaren Apparaturen und Therapie mit Drahtbogen-Apparaturen, ohne Zusammenhang (gemessene Höhenabweichung $\geq 1,5$ mm).

5.3. Vergleich herausnehmbare Apparaturen (Gruppe A)/ Zahntentfernungstherapie (Gruppe C)

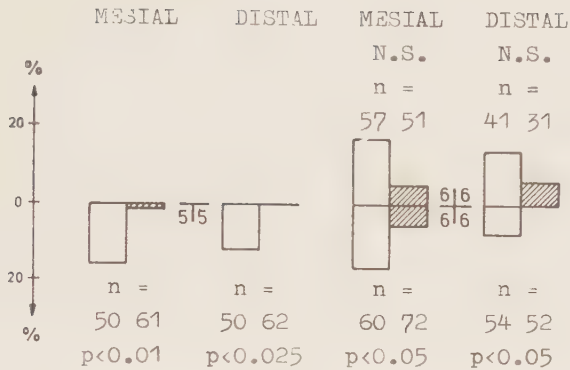
Aus dieser Gegenüberstellung entnimmt man einen allgemein häufiger vorkommenden marginalen Knochenabbau in Verbindung mit einer Zahntentfernungstherapie unter Verwendung von Drahtbogen-Apparaturen (Gruppe C) als bei einer mit herausnehmbaren Apparaturen und ohne Zahntentfernung (Gruppe A) durchgeführten kieferorthopädischen Behandlung.

Die Tabelle 4a zeigt möglichen, die Tabelle 4b wahrscheinlichen Knochenabbau im Vergleich zwischen beiden obengenannten Behandlungsformen.



N.S. = nicht signifikant
 □ = Zahntentfernungstherapie (Gruppe C)
 ▨ = Herausnehmbare Apparaturen (Gruppe A)
 n = Anzahl der Messungen

Tab. 4a: Vergleich zwischen Therapie mit herausnehmbaren Apparaturen und Zahntentfernungstherapie (gemessene Höhenabweichung $\geq 1,5$ mm).



N.S. = nicht signifikant

□ = Zahmentfernungstherapie (Gruppe C)

▨ = Herausnehmbare Apparaturen (Gruppe A)

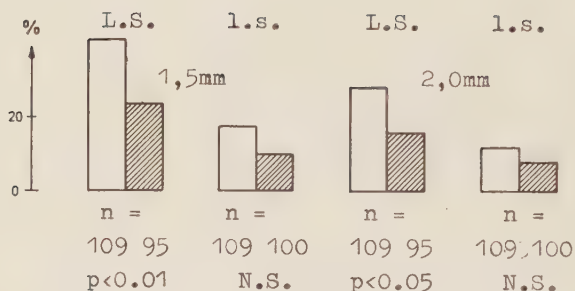
n = Anzahl der Messungen

Tab. 4b: Vergleich zwischen Therapie mit herausnehmbaren Apparaturen und Extraktionstherapie (gemessene Höhenabweichung $\geq 2,0$ mm).

5.4. Zahmentfernungstherapie (Gruppe C):

Vergleich vollständiger/unvollständiger Lückenschluß

Die Tabelle 5 zeigt deutlich, daß bei einer kieferorthopädischen Behandlung mit Extraktionen röntgenologisch nachweisbare Veränderungen häufiger in vollständig geschlossenen Zahmentfernungslücken als bei unvollständigem Lückenschluß auftreten.



L.S. = vollständiger Lückenschluß
 l.s. = unvollständiger Lückenschluß
 □ = Druckseite
 ▨ = Zugseite
 n = Anzahl der Messungen

Tab. 5: Knochenabbau bei Zahntfernungstherapie mit anschließend durchgeführtem vollständigen und unvollständigem Lückenschluß (gemessene Höhenabweichung $\geq 1,5$ mm beziehungsweise $\geq 2,0$ mm)

5.5. Zahntfernungstherapie (Gruppe C): Vergleich Druckseite/Zugseite

Wie aus Tabelle 6 zu entnehmen ist, weisen Patienten, bei denen eine kieferorthopädische Behandlung mit Zahntfernungen durchgeführt wurde, einen signifikant stärkeren Knochenabbau in dem der Zahntfernung zugewandten Bereich auf (Druckseite) als in dem der Zahntfernung abgewandten Bereich (Zugseite) ($p < 0,01$ beziehungsweise $p < 0,05$).

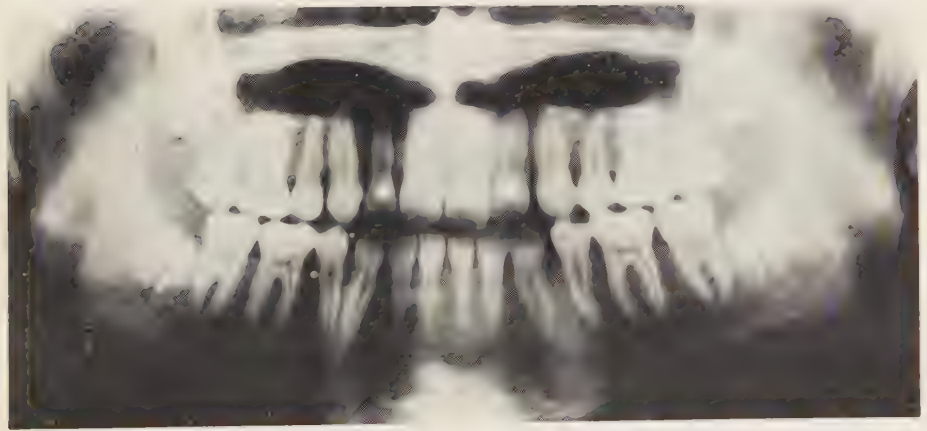
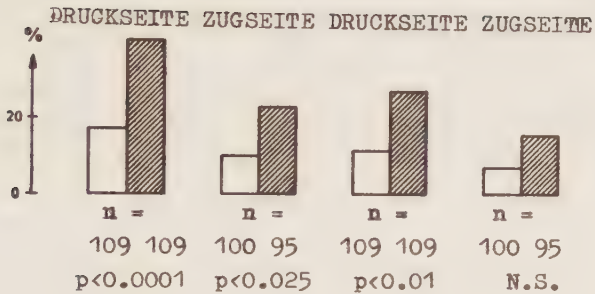


Abb. 5: Legende siehe nächste Seite

Legende zu Abb. 5: Die Abbildungen 5 a,b zeigen die Panoramaaufnahmen des Patienten K.K. (Nr. 6893), bei dem über einen Zeitraum von 3 Jahren und 1 Monat eine kieferorthopädische Behandlung unter Verwendung von Drahtbogen-Apparaturen und Entfernung der vier ersten Prämolaren im Rahmen der Therapie durchgeführt wurde. Abb. 5a Alter 13 Jahre 4 Monate, Abb. 5b Alter 16 Jahre 9 Monate. Deutlich zu sehen ist der relativ stärkere Knochenabbau im unmittelbaren Bereich der geschlossenen Extraktionslücken, während er in den benachbarten Zahnzwischenräumen weniger stark ausgeprägt ist.



N.S. = nicht signifikant

□ = unvollständiger Lückenschluß

▨ = vollständiger Lückenschluß

n = Anzahl der Messungen

Tab. 6: Knochenabbau auf der Zugseite und auf der Druckseite nach durchgeführter Zahnentfernungstherapie (gemessene Höhenabweichung $\geq 1,5$ mm beziehungsweise $\geq 2,0$ mm)

Ein Beispiel einer kieferorthopädischen Behandlung mit der Entfernung der vier ersten Prämolaren zeigen die Abbildungen 5a, b und c.

5.6. Zahmentfernungstherapie (Gruppe C):

Vergleich sofortiger Lückenschluß/später erfolgter
Lückenschluß

Die Messungen, die einen möglichen beziehungsweise wahrscheinlichen Knochenabbau im Bereich der erfolgten Zahmentfernungen angeben, sind prozentual gesehen etwas höher, wenn die Maßnahmen zum Lückenschluß nicht innerhalb des folgenden halben Jahres, sondern zu einem späteren Zeitpunkt begonnen wurden. Statistisch sind diese Zahlen nicht signifikant.

6. Besprechung der Ergebnisse

Die verzerrte Abbildung der Kieferstrukturen auf den Orthopantomogrammen, die bekanntlich u.a. durch die unterschiedlichen Positionierungen der Patienten bei jeder Aufnahme in der Kopfhaltung des Röntgengerätes auftritt (RAMSTAD 69,1978; KOEPPE 48,1973; ZACH 112, 1969; HIELSCHER 34,1967) macht eine vergleichende metrische Analyse im Rahmen einer longitudinalen Studie weitgehend unmöglich. So kommen nur solche Panoramaaufnahmen in Frage, die eine nahezu deckungsgleiche Wiedergabe des Interessensgebietes erkennen lassen. Für die Beurteilung des alveolären Knochenabbaus ist eine Übereinstimmung der Bilder des jeweiligen Patienten in vertikaler Richtung eine unbedingte Voraussetzung, während in horizontaler Dimension eher Zugeständnisse gemacht werden können.

Unsere Auswahlkriterien, die ein Abweichen des Umrisses in der Mandibula in der Horizontalen von weniger als 5 mm, in der Vertikalen von weniger als 1 mm bei identischer Länge der entsprechenden Zähne verlangen, wurden bei 119 Patienten erfüllt, während die Aufnahmen von ca. 500 weiteren Patienten diesen Anforderungen nicht entsprachen. Dies ist angesichts der Tatsache, daß sämtliche Aufnahmen ohne speziellen Cephalostat (TIRK 108,1967; ZACH 112,1969), d.h. nur mit dem üblichen Kopfhalter, durchgeführt wurden, ein recht befriedigendes Ergebnis. Im Hinblick auf die erweiterten diagnostischen Möglichkeiten, die sich aus dieser Arbeit für Panoramaaufnahmen ergeben, wäre aber eine generelle Anwendung dieses Gerätes bei jedem Belichtungsvorgang wünschenswert, da nur so eine exakte Repositionierung des Kopfes ermöglicht wird und die Anzahl deckungsgleicher Orthopantomogramme erhöht wird.

Der von uns ermittelte methodische Fehler, der durch die Projektionsunterschiede und die Meßungenauigkeit entsteht, liegt mit 0,075 mm (SD 0,23 mm, maximale Abweichung 1 mm) im Bereich anderer ähnlicher Arbeiten (FRANZ und WERBATUS 20,1974; ZACH 112,1969; RAMSTAD et al. 69,1978). Diese Abweichungen sind aufnahmetechnisch bedingt. Das gewählte Schema, welches Unterschiede ab einer Größe von 1,5 mm als möglichen Knochenabbau wertet, darf daher als verlässlich gelten. Eine Aussage über das Ausmaß des Knochenabbaus ist mit dieser Meßmethode nicht möglich. Diskrete Veränderungen können in Anbetracht der Tatsache, daß die Panoramaaufnahme nur eine Schicht des dreidimensionalen Raumes abbildet, nicht erkannt werden.

Die Gegenüberstellung der Patienten, die mit einem Headgear behandelt wurden, und derjenigen, die keinen Headgear getragen haben, zeigte in der ersten Gruppe zwar einen geringgradig häufigeren Knochenabbau mesial und distal der oberen ersten Molaren, statistisch sind diese Unterschiede jedoch nicht signifikant. Auffallen ist in diesem Zusammenhang eine Asymmetrie in der Verteilung des distalen Abbaues zuungunsten der rechten Seite. Auch SCHUHMACHER und SANDER (91,1978) stellen eine Asymmetrie der extraoralen Kräfteeinwirkungen fest, welche sie durch eine individuelle Kopf- und Schlafhaltung des Patienten zu erklären versuchen.

Bei kieferorthopädischer Behandlung ohne Zahnentfernung läßt sich insgesamt ein geringgradiger oder gar kein Knochenabbau feststellen. Die Behandlung mit festsitzenden Apparaturen läßt meist etwas häufiger alveolären Höhenverlust erkennen, ohne daß diese Steigerung gegenüber den herausnehmbaren Apparaturen statistisch signifikant wäre.

O'LEARY (60,1975), GEIGER (21,1976), NORTON (59,1980) und KESSLER (44,1976) haben darauf hingewiesen, daß bei einer kieferorthopädischen Behandlung die Mundhygiene sich verschlechtern kann. LAMPERT und UNTERER (53,1977), HARTMANN et al. (30,1982), SCHMUTH (86, 1968), ZACHRISSON und ZACHRISSON (116,1972) sowie GEIGER (22,1980) heben dieses Argument besonders bei der Behandlung mit Drahtbogen-Apparaturen hervor.

Diese Situation soll nach DE JACOBY et al. (11,1982) sowie DE JACOBY und MÜLLER (12,1982) bei der Behandlung mit herausnehmbaren Platten günstiger oder überhaupt nicht von Bedeutung sein.

Nach PEARSON (66,1968) kann durch schlechte Mundhygiene der Knochenabbau begünstigt werden.

Allen diesen Einwendungen gegenüber muß jedoch eindeutig hervorgehoben werden, daß bei vielen Patienten während der mehrere Jahre dauernden kieferorthopädischen Behandlung überhaupt erst ein richtiges Verständnis für Zahnpflege, Mundhygiene und Ernährungsverhalten erzielt wird. Unter diesen Bedingungen wird bei diesen Patienten ein besserer Mundhygiene-Status erzielt als bei gleichaltrigen unbehandelten Jugendlichen. Somit erweist sich die Kieferorthopädie als eine Verhütungsmaßnahme gegen Karies und parodontale Erkrankungen (KORKHAUS 49a,1943; REICHENBACH 71a,1951; KORKHAUS 49b,1951; SCHUTZMANNSKY 90a,1952; HERREN 32a, 1959).

Bei der Interpretation der hier gemessenen Höhendifferenzen muß berücksichtigt werden, daß jeder Alveolarknochen, auch der des Heranwachsenden, einem physiologischen Höhenabbau unterliegt. ZACHRISSON (113, 1972) hat bei unbehandelten Probanden einen Attachment-Verlust von 0,11 mm pro Jahr festgestellt; in

der gleichen Studie weisen behandelte Patienten mit einer ausgezeichneten Mundhygiene sogar einen geringeren Attachment-Verlust auf. Der Knochenabbau in der Kontrollgruppe unterscheidet sich nur schwach. In einer longitudinalen Studie stellen DAVIE et al. (8, 1978) röntgenologisch fest, daß es innerhalb von zwei Jahren bei 44,8 % der untersuchten Schulkinder zu parodontalem Knochenverlust im Bereich der ersten Molaren kommt; auf eine erfolgte kieferorthopädische Behandlung während des Zeitraumes der Untersuchung wird in der Studie nicht hingewiesen. Ein möglicher oder wahrscheinlicher Knochenabbau, wie er in der vorliegenden Arbeit nachgewiesen wird, ist also nicht ohne weiteres auf die kieferorthopädische Behandlung zurückzuführen, zumal für einen Vergleich keine unbehandelte Kontrollgruppe herangezogen werden konnte.

Schließlich gibt es Hinweise darauf, daß kieferorthopädische Behandlungsmaßnahmen keine dauerhafte Schädigung des Parodontiums bewirken (JANKOSEK 37,1965; RATEITSCHAK 71,1968; RÖNNERMANN et al. 79,1980). Auch können die allgemeine Reaktionslage des Parodontiums sowie der Mundhygienestatus, ferner die genetische und familiäre Disposition, das Ernährungsverhalten, Stoffwechselstörungen und hormonelle Faktoren die Entstehung von Parodontopathien wesentlich beeinflussen (STAHL 100,1958). Solche Faktoren konnten in dieser retrospektiven Studie allerdings nicht geprüft werden.

Aus einer Gegenüberstellung der ohne Zahnentfernung behandelten Patienten (herausnehmbare Apparaturen) mit den mit Zahnentfernung und Drahtbogen-Apparaturen behandelten Patienten geht hervor, daß allgemein in Verbindung mit Zahnentfernungen ein marginaler Knochenabbau häufiger vorzukommen scheint. Dabei muß berücksichtigt werden, daß in der vorliegenden Studie

- methodisch bedingt - nur Zahnentfernungen bei vollständig durchgebrochenen Nachbarzähnen ausgewertet werden konnten.

Als nicht signifikant hat sich die unterschiedliche Häufigkeit marginalen Knochenabbaus erwiesen, die bei einem Vergleich zwischen sofort eingeleiteten Maßnahmen zum Lückenschluß und erst später erstrebtem Lückenschluß zu erkennen ist. Obwohl eine eher günstige Tendenz sich für den sofort eingeleiteten Lückenschluß herauskristallisiert, ist auf Grund der zu geringen Fallzahlen keine Interpretation möglich.

Vergleicht man den alveolären Höhenverlust zwischen den dem Ort der Zahnentfernung zugewendeten und den abgewendeten Parodontien, so stößt man auf einen stärkeren Knochenabbau an der Druck- als an der Zugseite; dieser Unterschied ist nur bei vollständigem Lückenschluß signifikant, steht allerdings in Übereinstimmung mit den Untersuchungsergebnissen von SJØLEN und ZACHRISSON (97,1973), ZACHRISSON und ALNAES (115,1974), TROSELLO und GIANELLY (109,1979) sowie KENNEDY et al. (42,1983). Dabei darf jedoch nicht unberücksichtigt bleiben, daß für diesen Knochenabbau zum Teil auch Vorgänge verantwortlich sind, die in Zusammenhang mit der Zahnentfernung selbst und dem daraus folgenden Narbenzug stehen. Die erwähnten Auswirkungen des Narbenzuges lassen sich bei vollständig und teilweise geschlossenen Lücken auch bei der klinischen Untersuchung in der transversalen Ebene beziehungsweise in der Aufsicht sofort nachweisen.

Bei der Untersuchung zwischen unvollständigem und vollständigem Lückenschluß erkennt man, daß bei vollständig geschlossenen Zahnentfernungslücken häufiger röntgenologisch nachweisbare Veränderungen des Limbus

alveolaris auftreten. Diese Situation wird schematisch in Abbildung 6 dargestellt.

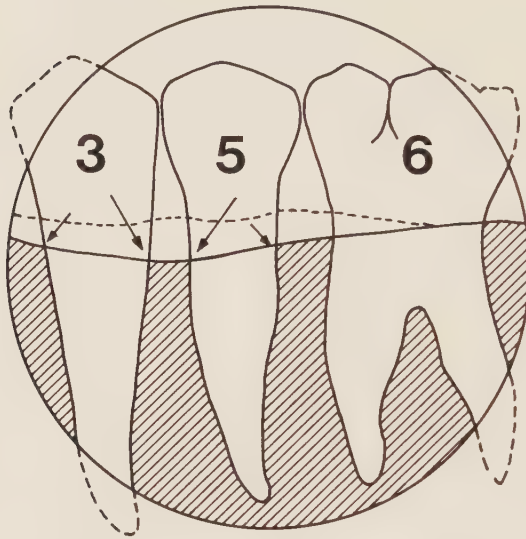


Abb. 6: Schematische Darstellung des Knochenabbaues auf den Druck- (kleine Pfeile) und auf den Zugseiten (große Pfeile) einer kieferorthopädisch vollständig geschlossenen Lücke nach Entfernung der ersten Prämolaren.

Wenn auch bei der vorgestellten Methode nur grobe Veränderungen im Limbus alveolaris erfaßt werden können, soll mit der vorliegenden Studie auf die erweiterte Möglichkeit der Auswertung nahezu deckungsgleicher Orthopantomogramme hingewiesen werden.

7. Zusammenfassung

1. Es wurden deckungsgleiche, während der kieferorthopädischen Behandlung angefertigte Orthopantomogramme von 119 Patienten verglichen. Das durchschnittliche Lebensalter der Probanden betrug beim Erstbefund 12 Jahre 1 Monat, beim Schlußbefund 14 Jahre 5 Monate.
2. Mit Hilfe der Überlagerung von Durchzeichenfolien wird der horizontale und vertikale alveoläre Knochenabbau bestimmt. Der methodische Fehler wird an einer Kontrollgruppe von 21 Probanden ermittelt und beträgt im Durchschnitt 0,075 mm (SD 0,23 mm, Max. 1 mm). Nur solche Abweichungen, die größer als 1,5 mm sind, werden als möglicher Knochenabbau gewertet.
3. Die Beurteilung des Knochenabbaues im Bereich des Limbus alveolaris ist auf nahezu deckungsgleichen Orthopantomogrammen möglich. Es lassen sich jedoch nur klinisch stärker ausgeprägte Veränderungen erkennen.
4. Bei der aus therapeutischen Gründen vorgenommenen Entfernung von Zähnen ist der Knochenabbau in den meisten der Zahnentfernung zugewandten Meßbezirken häufiger festzustellen als bei der Behandlung ohne Zahnentfernung.
5. Die der Lücke der Zahnentfernung zugewandten Parodontien (Druckseiten) sind bei vollständigem Lückenschluß durch vertikalen Abbau des Limbus alveolaris stärker betroffen als die der Zahnentfernung abgewandten parodontalen Zonen (Zugseiten).
6. Der Knochenabbau ist bei vollständigem Lückenschluß deutlicher ausgeprägt als bei belassener Restlücke.

7. Bei der Verwendung eines Headgears ist der vertikale Abbau im mesialen parodontalen Bereich der oberen ersten Molaren im Vergleich zu ohne Headgear Behandelten geringgradig größer. Das Ergebnis der Messungen ist aber statistisch nicht signifikant.
8. Bei Behandlungen ohne Zahnentfernung sind bezüglich des Knochenabbaus beim Vergleich zwischen herausnehmbaren und festsitzenden Behandlungstechniken keine Unterschiede nachzuweisen.
9. Die nachgewiesenen parodontalen Veränderungen können nicht ausschließlich als schädliche Auswirkungen der kieferorthopädischen Behandlung interpretiert werden. Unberücksichtigt bleiben bei der Studie die Faktoren, die altersabhängig zu individuell verschiedenartigen physiologischen oder pathologischen Veränderungen im Bereich des Zahnhalteapparates führen. Nicht überprüft wurden ferner genetische, familien- oder ernährungsspezifische Einflüsse, hormonelle und stoffwechselbedingte Einwirkungen. Darüber hinaus muß bedacht werden, daß jeder chirurgische Eingriff durch die Ausbildung von Narbengewebe sagittale, transversale, insbesondere aber vertikale Veränderungen der Höhe des Alveolarfortsatzes auch ohne den Einfluß durch eine kieferorthopädische Behandlung auslöst. Im Bereich chirurgischer Eingriffe werden Zahnbewegungen und Zahnstellungen nachhaltig vom Umfang und der Ausheilung des alveolären Defektes beeinflusst.

8. Literaturverzeichnis

1. ACKERMAN, J.L., J. COHEN und M.I. COHEN:
The effects of quantified pressures on bone.
Am.J. Orthod. 52, 34 (1966).
2. BARON, R.:
Der Umbau des Alveolarknochens bei
spontaner oder ausgelöster Zahnbewegung.
Inf. Orthod. und Kieferorthop. 3, 241 (1975)
3. BAXTER, D.H.:
The effect of orthodontic treatment on al-
veolar bone adjacent to the cemento-enamel
junction.
Angle Orthod. 37, 35 (1967)
4. BEERTSEN, W.:
Remodelling of collagen fibers
in the periodontal ligament and the
supra-alveolar region.
Angle Orthod. 49, 218 (1979)
5. BERY, A. und P. CANAL:
La canine permanente en orthodontie.
L'Orthodontie Francaise 55, 125 (1984)
6. BROWN, I.S.:
The effext of orthodontic therapy on
certain types of periodontal defects.
J.Periodont. 44, 742 (1973)

7. CHATEAU, M.:
Orthopédie Dento-Faciale Clinique
(diagnostic et traitement).
2. Band, 5. Auflage, Paris 1975,
S. 496 ff.,
8. CROSBY, J.S.:
An accurate method of determination
of alveolar bone resorption
J.Am. Dent. Association 26, 1695 (1939)
9. DAVIES, P.H.J., MC. DOWNER und M.A. LENNON:
Periodontal bone loss in english secondary
school children
J.Clin.Periodont. 5, 278 (1978)
10. DE ANGELIS, V.:
Observations on the response
of alveolar bone to orthodontic force.
Am.J.Orthod. 58, 284 (1970)
11. DE JACOBY, L.F., F. HARTMANN und I. JAHN:
Untersuchung über den parodontalen
Zustand jugendlicher Träger heraus-
nehmbarer kieferorthopädischer
Geräte.
Dtsch. zahnärztl. Zeitschrift
37, 580 (1982)
12. DE JACOBY, L.F. und H.-P. MÜLLER:
Zusammensetzung der subgingivalen
Mundflora bei Trägern abnehmbarer
kieferorthopädischer Geräte.
Dtsch. zahnärztl. Zeitschrift
37, 925 (1982)

13. DRAZEK, L.J.:

Histological investigation of alveolar bone in the albino rat in areas of tooth movement associated with a hyperparathyroid condition.
Am.J.Orthod. 54, 933 (1968)

14. EGGERS LURA, H.:

Tissue reaction of bone upon mechanical stresses.
Am.J.Orthod. 38, 453 (1952)

15. ESCHLER, J., R. MAUSHARDT und E. WITT:

Über den Parodontalzustand nach Prämolarenextraktion im Rahmen der kieferorthopädischen Behandlung mit Berücksichtigung des Extraktionszeitpunktes.
Fortsch.Kieferorthoo. 30, 375 (1969)

16. FAUCHARD, P.:

zitiert in Geschichte der Zahnheilkunde, herausgegeben von
G.P. GEIST-JACOBI, Berlin 1896, S. 127

17. FISCHER-BRANDIES, H.:

Filme vom Frontzahngebiet für die Kiefer-Diagnostik sind notwendig!
Zahnärztl.Mitteilungen 16, 1748 (1984)

18. FLEISCHER-PETERS, A.:

Wirkungen und Nebenwirkungen in der Kieferorthopädie.
Erfahrungsheilkunde 6, 388 (1984)

19. FRANK, R.M.:
Auf- und Abbau des Alveolarknochens.
Inf.Orthod. und Kieferorthop. 2, 134 (1972)
20. FRANZ, G.:
Fehler deckungsgleicher Orthopantomogramme bei Patienten mit totalem Zahnersatz.
Dtsch. zahnärztl.Zeitschrift 29, 324 (1974)
21. GEIGER, A.M. und B.H. WASSERMANN:
Relationship of occlusion and periodontal disease: part IX - incisor inclination and periodontal status.
Angle Orthod. 46, 99 (1976)
22. GEIGER, A.M.:
Mucogingival problems and the movement of mandibular incisors: A clinical review.
Am.J.Orthod. 78, 511 (1980)
23. GIANELLY, A.A.:
Force-induced changes in the vascularity of the periodontal ligament.
Am.J.Orthod. 55, 5 (1969)
24. GILLOOLY, C.J., R.T. HOSLEY, J.R. MATHEWS und D.L. JEWETT:
Electric potentials recorded from mandibular alveolar bone as a result of forces applied to the tooth.
Am.J.Orthod. 54, 649 (1968)
25. GOTTLIEB, BERNHARD und B. ORBAN:
Die Veränderungen der Gewebe bei undermässiger Beanspruchung der Zähne.
Leipzig 1931, S. 7 ff.

26. HALDERSON, H., E.E. JOHNS und R. MOYERS:
The selection of forces for tooth
movement.
Am.J.Orthod. 39, 25 (1953)
27. HÄUPL, K.:
Gewebsumbau und Zahnverdrängung in der
Funktions-Kieferorthopädie.
Leipzig 1938, S. 15 ff.
28. HÄUPL, K.:
Über die Gesetzmäßigkeiten, welche die
geweblichen Veränderungen bei der
Knochenanformation beherrschen.
Zeitschrift f.Anat. und Entwicklungsgesch.
112, 41, (1942)
29. HAMP, S.-E., F. LUNDSTROM und S. NYMAN:
Periodontal condition in adolescents
subjected to multiband orthodontic treatment
with controlled oral hygiene.
Europ.J.Orthod. 4, 77 (1982)
30. HARTMANN, F., R. JEROMIN und L.F. DE JACOBY:
Untersuchung über den parodontalen
Zustand jugendlicher Träger fest-
sitzender kieferorthopädischer Geräte.
Dtsch.zahnärztl.Zeitschrift 37, 585 (1982)
31. HAUSSER, E.:
Die kieferorthopädische Befunderhebung
Das Dtsch.Zahnärzteblatt 9, 149 (1955)
32. HELLER, I.J. und R. NANDA:
Effect of metabolic alteration of periodontal
fibers on orthodontic tooth movement.
Am.J.Orthod. 75, 239 (1979)

- 32a. HERREN, P.:
Die Rolle der Orthodontie in der präventiven
Parodontologie.
Schweiz. Monatszeitschr. für Zahnheilkunde 69,
328 (1959)
33. HERMANSON, P.C.:
Alveolar bone remodeling incident to tooth
movement.
Angle Orthod. 42, 107 (1972)
34. HIELSCHER, W.:
Panorama-Röntgenaufnahmen
Röntgenprax. 20, 247 (1967)
35. HOTZ, R.:
Parodontale Reaktion auf starke Kräfte bei
Behandlung mit festsitzenden Apparaturen.
Fortschr.Kieferorthop. 27, 220 (1966)
36. HOTZ, R.:
Orthodontie in der täglichen Praxis.
5. Auflage, Bern-Stuttgart 1980, S. 71ff.
37. JANCOSSEK, G.T.:
The clinical effects of orthodontic
treatment on periodontal soft tissues.
Am.J.Orthod. 51, 305 (1965)
38. JARABAK, J.R. und J.A. FIZELL:
Technique and treatment with the light wire
appliances.
St. Louis 1963, S. 192ff.
39. JONAS, I.:
Die Reaktionsweise des Parodonts auf
Kraftapplikation.
Fortschr.Kieferorthop. 41, 228 (1980)

40. KARRING, T., S. NYMAN, B. THILANDER und
I. MAGNUSSON:
Bone regeneration in orthodontically
produced alveolar bone dehiscences.
J.Period.Research 17, 309 (1982)
41. KASWINER, L.M.:
Hard and soft tissue damage
accompanying orthodontic therapy.
Clin.Prevent.Dentistry 3, 9 (1981)
42. KENNEDY, D.B., D.R. JOON DEPH und R.M. LITTLE:
The effect of extraction and orthodon-
tic treatment on dentoalveolar support.
Am.J.Orthod. 84, 183 (1983)
43. KENT UTLEY, R.:
The activity of alveolar bone incident to
orthodontic tooth movement as studied by
oxytetracycline-induced fluorescence.
Am.J.Orthod. 54, 167 (1968)
44. KESSLER, M.:
Interrrelationships between orthodontics and
periodontics.
Am.J.Orthod. 70, 154 (1976)
45. KETCHAM, A.H.:
A radiographic study of orthodontic tooth
movement: A Preliminary report.
Am.Dent.Assoc. 14, 1577 (1927).
46. KETCHAM, A.H.:
A progress report of an investigation of
apical root resorption of vital permanent
teeth.
Int.J.Orthod. 15, 310 (1929)

47. KNITTEL, F. und A. STAHL:

Der Röntgen-Status für den kieferorthopädischen Befund, kombiniert aus Zahnfilmaufnahmen, extra- und intraoralen Kassettenaufnahmen.

Dtsch. zahnärztl. Zeitschrift 16, 1361 (1961)

48. KOEPPE, K.:

Prognose der Mandibularentwicklung mit Hilfe des Orthopantomogramms.

Fortschr.Kieferorthop. 34, (1973)

48a. KOMPOSCH, G.:

Eine tierexperimentelle Studie zur Reaktionsfähigkeit der temporomandibulären Strukturen auf kieferorthopädische Maßnahmen.

Fortschr. Kieferorthop. 43, 407 (1982)

49. KORKHAUS, G.:

In Handbuch der Zahnheilkunde, herausgegeben von C. BRUHN,

4. Band, 2. Auflage, München 1939, S. 417

49a. KORKHAUS, G.:

Die Kieferorthopädie als Verhütungsmaßnahme von Karies und Parodontose.

Dtsch. zahnärztl. Wochenschrift 11, 133 (1943)

49b. KORKHAUS, G.:

Die Kieferorthopädie als Parodontal-Prophylaxe.

Dtsch. zahnärztl. Zeitschrift 6, 1223 (1951)

49c. KORKHAUS, G.:

Über die erbliche Disposition zur Parodontose.

Dtsch. zahnärztl. Zeitschrift 7, 441 (1952)

50. KOUMAS, H. und J.L. MATTHEWS:
Effect of pressure on the formation of
collagen in the periodontal ligament.
Am.J.Orthod. 56, 604 (1969)
51. KRONMAN, J.H.:
Tissue reaction and recovery
following experimental tooth movement.
Angle Orthod. 41, 125 (1971)
52. KVAM, E.:
Organic tissue characteristics on the
pressure side of human premolars following
tooth movement.
Angle Orthod. 43, 187 (1973)
53. LAMPERT, F. und S. UNTERER:
Der Einfluß verschiedener kieferorthopädi-
scher Behandlungstechniken auf die Gingiva.
Dtsch. zahnärztl. Zeitschr. 32, 22 (1977)
54. MACAPANPAN, L.C., J.P. WEINMANN und A.G. BRODIE:
Early tissue changes following tooth movement
in rats.
Angle Orthod. 24, 79 (1954)
55. MARSHALL, J.A.:
A study of bone and tooth changes incident
to experimental tooth movement and its
application to orthodontia.
Int.J.Orthod. 19, 1 (1933)
56. MARXKORS, R.:
Statische und physiologische Überlegungen
über die Auswirkungen von Kräften, die an
der Zahnkrone angreifen.
Dtsch. zahnärztl. Zeitschr. 17, 49 (1962)

57. MOYERS, R.E. und J.L. BAUER:
The periodontal response to various tooth
movements.
Am.J.Orthod. 36, 572 (1950)
58. NOYES, F.B.:
Histology of bone related to orthodontic
treatment.
Am.J.Orthod. and Oral Surg. 29, 760 (1942)
59. HORTON, L.A.:
Periodontal considerations in orthodontic
treatment.
Dent.Clin.North.Am. 25, 117 (1981)
60. O'LEARY, T.J., M.C. BADELL und R.S. BLOOMER:
Interproximal contact and marginal ridge
relationships in periodontally healthy young
males classified as to orthodontic status.
J. Periodont. 46, 6 (1975)
61. OPPENHEIM, A.:
Die Veränderungen der Gewebe, insbesondere
des Knochens bei Verschiebung der Zähne.
Oesterreichisch-ungarische Viertelsjahrs-
schrift für Zahnheilkunde 27, 303 (1911)
62. OPPENHEIM, A.:
The crisis in orthodontia.
Int.J.Orthod.Oral Surg. and Radiol. 19,
1201 (1933)
63. OPPENHEIM, A.:
Biologisch orthodontische Therapie und
Wirklichkeit.
Berlin-Wien 1936

64. OPPENHEIM, A.:
Human tissue response to orthodontic
intervention of short and long duration.
Am.J.Orthod. and Oral Surg. 28, 263 (1942)
65. ORBAN, B.:
Biologische Probleme in der Orthodontie.
Zeitschr. Stomat. 33, 1037 (1935)
66. PEARSON, L.E.:
Gingival height of lower central incisors
orthodontically treated and untreated.
Angle Orthod. 38, 337 (1968)
67. PAATERO, Y.V.:
Pantomographische Röntgenphotographie.
Fortschr. Kieferorthop. 13, 115 (1952)
68. PRICHARD, J.F.:
The effect of bicuspid extraction
orthodontics on the periodontium.
J.Periodont. 46, 534 (1975)
69. RAMSTAD, T., O. HENSTEN-PETERSEN, E. MOHN und
S.I. IBRAHIM:
A methodological study of errors in vertical
measurements of edentulous ridge height on
orthopantomographic radiograms.
J.Oral Rehabil. 5, 403 (1978)
70. RATEITSCHAK, K.H.:
Möglichkeiten und Grenzen der orthodontischen
Therapie im parodontal erkrankten Gebiß.
Dtsch. zahnärztl. Zeitschr. 21, 32 (1966)
71. RATEITSCHAK, K.H.:
Orthodontics and periodontology
Int.Dent.J. 18, 108 (1968)

- 71a. REICHENBACH, E.:
Kieferorthopädie und paradentale Erkrankungen.
Dtsch. zahnärztl. Zeitschr. 6, 555 (1951)
72. REITAN, K.:
The initial tissue reaction incident to
orthodontic tooth movement as related to the
influence of function.
Acta odont. scand. Suppl. 6, 1951
73. REITAN, K.:
Some factors determining the evaluation of
forces in orthodontics.
Am.J.Orthodont. 43, 32 (1957)
74. REITAN, K.:
Tissue rearrangement during retention
of orthodontically rotated teeth.
Angle Orthod. 29, 105 (1959)
75. REITAN, K.:
Tissue behavior during orthodontic
tooth movement
Am.J.Orthodont. 46, 881 (1960)
76. REITAN, K.:
Behavior of Mallassez' epithelial rests
during orthodontic tooth movement.
Acta odont. scand. 19, 425 (1961)
77. REITAN, K.:
Effects of force magnitude and
direction of tooth movement on
different alveolar bone types.
Angle Orthod. 34, 244 (1964)

78. REITAN, K. und E. KVAM:
Comparative behavior of human and animal
tissue during experimental tooth movement.
Angle Orthod. 41, 1 (1971)
79. RÖNNERMANN, A., B. THILANDER und G. HEYDEN:
Gingival tissue reactions to orthodontic
closure of extraction sites.
Am.J.Orthod. 77, 620 (1980)
80. ROSSIWALL, B.:
Beitrag zur Quantifizierung kieferorthopädisch
induzierten Knochenbaues.
Heidelberg 1983
81. RYGH, P.:
Ultrastructural cellular reactions in pressure
zones of rat molar periodontium incident to
orthodontic movement.
Acta odont. scand. 30, 575 (1972)
82. SADOWSKY, C. und E.A. BEGOLE:
Long-term effects of orthodontic treatment
on periodontal health.
Am.J.Orthod. 80, 156 (1981)
83. SALZMANN, J.A.:
Experimental histologic study of the effects
of orthodontic movement on the gingiva and
periodontal membrane in the macaca rhesus
monkey (Abstract).
Am.J.Orthod. 46, 929 (1960)
84. SANDSTEDT, C.:
Einige Beiträge zur Theorie der Zahnregulierung.
Nordisk Tandläkaretidsskrift 5, 236 (1904)

85. SCHLUGER, S.:
Periodontal aspects of orthodontic treatment.
J.Pract.Orthod. 2, 111 (1968)
86. SCHMUTH, G.:
Die Bedeutung der kieferorthopädischen Therapie
in der Parodontalprophylaxe (Abstract).
Dtsch. zahnärztl. Zeitschr. 23, 1279 (1968)
87. SCHMUTH, G.:
Kieferorthopädische Prophylaxe und Therapie
parodontaler Erkrankungen.
Dtsch. zahnärztl. Zeitschr. 28, 138 (1973)
88. SCHMUTH, G. und H.-A. SCHUMACHER:
Erfahrungen mit der Panorextechnik bei
besonderen Befunden in der kieferortho-
pädischen Diagnostik.
Dtsch. zahnärztl. Zeitschr. 27, 950 (1972)
89. SCHOPF, P.:
Längen- und Winkelmessungen am Ortho-
pantomogramm.
Fortschr.Kieferorthop. 27, 107 (1966)
90. SCHOPF, P.:
Die Panorama-Röntgenaufnahme des Orthopanto-
mographen als Hilfsmittel der kieferortho-
pädischen Befunderhebung.
Das Deutsche Zahnärzteblatt 23, 480 (1969)
- 90a. SCHÜTZMANNKY, G.:
Anzahl und Schwere von Parodontalerkrankungen
bei Jugendlichen.
Zahnärztl. Rundschau 14, 425 (1952)

91. SCHUMACHER, H.A. und G. SANDER:
Über die Krafteinwirkung auf die Sechsjahr-
molaren bei der Headgearbehandlung.
Fortschr.Kieferorthop. 39, 46 (1978)
92. SCHWARTZKOPFF, E.:
Resorption der Zahnwurzeln bei Regulierungen.
Dtsch.Mschr.Zahnhk. 5, 180 (1887)
93. SCHWARZ, A.M.:
Die Biologischen Grundlagen der Orthodonti-
schen Therapie nebst Folgerung für die Praxis.
Zeitschr.Stomat. 30, 79 (1932)
94. SCHWARZ, A.M.:
Tissue changes incidental to orthodontic
tooth movement.
Int.J.Orthodont. Oral Surg. Radiog. 18, 331 (1932)
- 94a. SCHWARZ, A.M.:
Die Beziehungen der Kieferorthopädie zu den
Paradentalerkrankungen.
Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 7, 82
(1940)
95. SCHWARZ, A.M.:
Lehrgang der Gebißregelung.
Band II, 2. Auflage
Wien-Innsbruck 1953, S. 7ff.
- 95a. SIEGMUND, H.:
Die Beziehungen der Kieferorthopädie zu den
Paradentalerkrankungen vom Standpunkt der
Pathologie.
Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 7, 65
(1940)

96. SITZMANN, F.:
Einzelbildstatus oder Orthopantomogramm?
Zahnärztl.Mitteilungen 14, 1585 (1984)
97. SJØLEN, T. und B.U. ZACHRISSON:
Periodontal bone support and tooth length
in orthodontically treated and untreated
persons.
Am.J.Orthod. 64, 28 (1973)
98. SONNABEND, E. und D. KRUSE:
Zur Strahlenbelastung des Patienten bei
extraoralen und Panorama-Röntgenaufnahmen
der Zähne und Kiefer.
Dtsch. zahnärztl. Zeitschr. 19, 729 (1964)
99. SPERRY, T.P., T.M. SPEIDEL, R.J. ISAACSON und
F.W. WORMS:
The role of dental compensation in the
orthodontic treatment of mandibular prognathism.
Angle Orthod. 47, 293 (1977)
100. STAHL, A.:
Paradentale Schäden infolge kieferortho-
pädischer Behandlung.
Fortschr.Kieferorthop. 19, 72 (1958)
101. STAHL, A. und P. GEORGI:
Nachweis des Knochenumbaus bei kiefer-
orthopädischer Behandlung durch szinti-
graphische Untersuchungen mit Radiofluor.
Fortschr.Kieferorthop. 32, 489 (1971)
102. STAHL, A. und P. GEORGI:
Methodische Untersuchungen zur Computerszinti-
graphie bei kieferorthopädischer Behandlung.
Vortrag: Tagung des Club International de Morpho-
logie Faciale. Bad Neuenahr, Sept. 1971.

103. STOCKFISCH, H.:

Kieferorthopädische Extraktion und die erweiterten therapeutischen Möglichkeiten mit dem Lightmire-System - Rationalisierungs- und Parodontose-Fragen.

Fortschr.Kieferorthop. 29, 376 (1968)

104. STUTEVILLE, O.H.:

A Summary of tissue changes incident to tooth movement.

Angle Orthod. 8, 1 (1938)

105. STUTEVILLE, O.H.:

Injuries caused by orthodontic forces and the ultimate results of these injuries.

Am.J.Orthod. and Oral Surg. 24, 103 (1938)

106. STUTZMANN, J. und A. PETROVIC:

Analyse der Resorptionsbildungsgeschwindigkeit des menschlichen Alveolarknochens in organotypischer Kultur, entnommen vor und während der Durchführung einer Zahnbewegung.

Fortschr.Kieferorthop. 24, 386 (1961)

107. STUTZMANN, J. und A. PETROVIC:

Die Umbaugeschwindigkeit des Alveolarknochens beim Erwachsenen vor und nach orthodontischer Behandlung.

Fortschr.Kieferorthop. 42, 386 (1981)

108. TIRK, T.M., C.A. GUZMAN und R. NALCHAJIAN:

Periodontal tissue response to orthodontic treatment studied by panoramix.

Angle Orthod. 37, 94 (1967)

109. TROSSELLO, V.K. und A.A. GIANELLY:

Orthodontic treatment and periodontal status.

J.Periodont. 50, 665 (1979)

110. WEISE, W.:
Parodontopathien als folge von kieferortho-
pädischer Behandlung.
Dtsch. zahnärztl. Zeitschr. 28, 143 (1973)
111. WITT, E.:
Messung von Kraftgröße und Kraftwirkung
kieferorthopädischer Plattenapparate.
Dtsch. zahnärztl. Zeitschr. 20, 937 (1965)
112. ZACH:
The uses of the orthopantomograph in
longitudinal studies.
Angle Orthod. 39, 42 (1969)
113. ZACHRISSON, B.U.:
Gingival condition associated with
orthodontic treatment.
Angle Orthod. 42, 352 (1972)
114. ZACHRISSON, B.U.:
Klinische Wechselbeziehung zwischen
Kieferorthopädie und Parodontologie.
Inf.Orthod.Kieferorthop. 15, 113 (1983)
115. ZACHRISSON, B.U. und L. ALNAES:
Zustand des Periodontiums bei kieferortho-
pädisch behandelten und unbehandelten Personen.
Inf.Orthod.Kieferorthop. 3, 127 (1974) 1. Teil
116. ZACHRISSON, B.U. und L. ALNAES:
Zustand des Periodontiums bei kieferorthopädisch
behandelten und unbehandelten Personen.
Inf.Orthod.Kieferorthop. 3, 183 (1974) 2. Teil
117. ZACHRISSON, S. und B.U. ZACHRISSON:
Gingival concition associated with orhtodontic
treatment.
Angle Orthod. 42, 26 (1972)

Danksagung

Herrn Priv.Doiz. Dr. Helge Fischer-Brandies danke ich sehr herzlich für die Überlassung des Themas und für seine freundliche Unterstützung bei der Anfertigung der vorliegenden Arbeit.

Herrn Prof. Dr. Arnulf Stahl danke ich für die gewährte Unterstützung der Arbeit und dafür, daß ich die Einrichtungen und das Archiv der Poliklinik für Kieferorthopädie benutzen konnte.

10. Lebenslauf

Am 10. November 1954 wurde ich, Johannes Trägner-Born, als Sohn des Diplom-Landwirts Dr. Johannes Trägner-Born und seiner Ehefrau Sabine, geborene Kramer, in Leverkusen/Nordrhein-Westfalen geboren.

1961 - 1966 Besuch der Ecole Primaire Mixte des Iles d'Or in Hyères / Frankreich

1966 - 1969 Lycée Jean Aicard in Hyères / Frankreich

1969 - 1975 Graf-Rasso-Gymnasium / Fürstenfeldbruck

21.06.1975 Zeugnis der Allgemeinen Hochschulreife

1977 - 1983 Studium der Zahnheilkunde an der Ludwig-Maximilians-Universität München

28.04.1978 Naturwissenschaftliche Vorprüfung

28.10.1980 Zahnärztliche Vorprüfung

09.12.1983 Zahnärztliche Prüfung

Seit Jan. Tätigkeit als Assistenzzahnarzt, Schwerpunkt Oralchirurgie
1984

